

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Strojnícka fakulta

Evidenčné číslo: SjF-13432-87686

Riadenie tepelného procesu s využitím systému

SIMATIC IOT2000

Bakalárska práca

Študijný program: automatizácia a informatizácia strojov a procesov

Študijný odbor: kybernetika

Školiace pracovisko: Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky

Vedúci záverečnej práce: Ing. Martin Juhás, PhD.

Bratislava 2021

Adam Benko



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Študent: **Adam Benko**
ID študenta: 87686
Študijný program: automatizácia a informatizácia strojov a procesov
Študijný odbor: kybernetika
Vedúci práce: Ing. Martin Juhás, PhD.
Miesto vypracovania: Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky

Názov práce: **Riadenie tepelného procesu s využitím systému SIMATIC IOT2000**

Jazyk, v ktorom sa práca vypracuje: slovenský jazyk

Špecifikácia zadania:

Práca je zameraná na oboznámenie sa s aplikačnými možnosťami otvorenej hardvérovej platformy priemyselného internetu vecí SIMATIC IOT2000. Úlohou študenta je realizácia demonštračného pracoviska na riadenie tepelného technického procesu. Predpokladá sa použitie softvérového PLC SIMATIC S7.

V rámci riešenia:

- 1) Naštudujte problematiku a pojednajte o aplikačnom určení hardvérovej platformy SIMATIC IOT2000.
- 2) Oboznámte sa s hardvérovým modulom tepelného procesu HeatShield (súčasť projektu výukových modulov AutomationShield). Vykonajte potrebné hardvérové nastavenia pre integráciu modulu do IOT2000.
- 3) Inštalujte a konfigurujte softvérové PLC SIMATIC IOT2000EDU
- 4) V prostredí TIA Portal riešte konfiguráciu PLC a softvérovú implementáciu spracovania údajov zo snímača a ovládania akčného člena modulu HeatShield.
- 5) Riešte komunikáciu medzi PLC a prostredím Matlab/Simulink.
- 6) Vykonajte identifikáciu tepelného procesu a implementujte regulátor teploty.
- 7) Použite alternatívne spôsoby určenia parametrov regulátora a experimentálne overte funkčnosť regulácie teploty vyhrievacieho prvku podľa zvolenej hodnoty.

Rozsah práce: 30 – 50 strán
Riešenie zadania práce od: 15. 02. 2021
Dátum odovzdania práce: 28. 06. 2021

Adam Benko
študent

prof. Ing. Cyril Belavý, CSc.
vedúci pracoviska

prof. Ing. Cyril Belavý, CSc.
garant študijného programu

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne s použitím dostupných zdrojov uvedených v zozname použitej literatúry.

Bratislava, 28. jún 2021

.....

Vlastnoručný podpis

PodĎakovanie

V prvom rade sa chcem poďakovať môjmu školiteľovi Ing. Martinovi Juhásovi, PhD. za odbornú pomoc, cenné rady, ochotu a správne nasmerovanie pri písaní tejto práce. Zároveň sa chcem poďakovať prof. Ing. Gergely Takácsovi, PhD. za zapožičanie vzdelávacieho zariadenia HeatShield. A v neposlednom rade mojej rodine za podporu.

Bratislava, 28. jún 2021

Adam Benko

Názov práce: Riadenie tepelného procesu s využitím systému SIMATIC IOT2000

Kľúčové slová: Simatic IoT2000, PLC, Matlab, Simulink, HeatShield,

Abstrakt: Cieľom bakalárskej práce bolo oboznámenie sa s aplikačnými možnosťami otvorenej platformy internetu vecí Simatic IoT2000 a realizácia demonštračného pracoviska na riadenie tepelného technického procesu. Pri riešení bol použitý tepelný proces HeatShield (súčasť projektu výukových modulov AutomationShield), softvérové PLC SIMATIC IOT2000EDU a realizovaná komunikácia medzi PLC a prostredím Matlab/Simulink. V rámci experimentálnej časti bol identifikovaný proces a určené parametre regulátora teploty pomocou Tia Portal-u a Matlab/Simulinku a overená funkčnosť regulácie teploty vyhrievacieho prvku.

Title: Thermal process control using the SIMATIC IOT2000 system

Keywords: Simatic IoT2000, PLC, Matlab Simulink, HeatShield

Abstract: The aim of the bachelor's thesis was to get acquainted with the application possibilities of the open platform of the Internet of Things Simatic IoT2000 and the implementation of a demonstration workplace for the control of the thermal technical process. In the solution, the HeatShield thermal process (part of the AutomationShield training modules project), the SIMATIC IOT2000EDU software PLC and the communication between the PLC and the Matlab/Simulink environment were used. In the experimental part, the process and parameters of the temperature controller were identified using Tia Portal and Matlab/Simulink and the functionality of the temperature control of the heating element was verified.

Obsah

Úvod.....	4
1 Komunikačné brány IoT.....	5
1.1 Simatic IoT brány	5
1.2 SIMATIC IoT2000.....	6
2 HeatShield	7
2.1 Popis hardvéru	7
2.2 Zapojenie HeatShieldu do SIMATIC IOT2000.....	8
3 Operačný systém.....	10
3.1 Zápis operačného systému Yocto Linux na MicroSD kartu.....	10
3.2 Konfigurácia operačného systému	11
3.2.1 Protokoly SCP a SFTP na prenos súborov	13
4 Simatic IoT2000EDU.....	15
4.1 Inštalácia	15
4.1.1 Automatické spustenie.....	16
4.2 Konfigurácia pinov	17
4.2.1 Konfigurácia pinov pre Arduino štít.....	17
4.2.2 Súbor io.conf.....	19
5 Konfigurácia Simatic IoT2000 v TIA Portal	20
5.1 Inštalácia podporného hardvérového balíka.....	20
6 Spracovanie údajov v prostredí TIA Portal.....	21
6.1 Programové bloky	21
6.1.1 Organizačné bloky	21
6.1.2 Funkčné bloky a funkcie	21
6.1.3 Dátové bloky.....	22

6.2	Programovacie jazyky	22
7	Aplikačný program pre riadenie modulu HeatShield	23
7.1	Výpočet napätia	23
7.2	Výpočet teploty.....	23
7.3	Steinhart-Hartov vzťah.....	24
8	Komunikácia s prostredím Matlab/Simulink.....	26
8.1	Používateľský datagramový protokol UDP	26
8.2	Vytvorenie komunikačného spojenia pomocou UDP	26
8.2.1	Popis inštrukcie TCON	26
8.3	Posielanie dát cez ethernet (UDP)	27
8.4	Prijímanie dát cez ethernet (UDP)	27
8.5	Komunikácia v programe SIMULINK	28
9	Identifikácia sústavy	29
9.1	Experimentálna identifikácia (Black-box)	29
9.2	Zber údajov	29
9.3	Úprava údajov	31
9.4	System Identification Toolbox	31
9.5	Výsledok identifikácie systému.....	31
10	Určenie parametrov regulátora.....	33
10.1	Metódy určenia parametrov regulátora	33
10.2	Určenie parametrov regulátora pomocou Matlab/Simulink.....	33
10.3	Určenie parametrov regulátora v prostredí Tia Portal	34
	Záver	36
	Zoznam použitej literatúry	37

Zoznam obrázkov

Obrázok 2.1	Hardvérové zariadenie Heashield [5]	7
Obrázok 2.2	Elektrická schéma modulu HeatShield [5]	8
Obrázok 2.3	Materská doska IoT2040 [7]	9
Obrázok 3.1	Zápis vzorového obrázku pomocou programu Win32 Disk Imager [10]	11
Obrázok 3.2	Zmena IP adresy na počítači [10]	11
Obrázok 3.3	Vytvorenie SSH spojenia pomocou PuTTY [10]	12
Obrázok 3.4	Prihlásenie sa do spojenia [10]	13
Obrázok 3.5	Prihlásenie WinSCP [10]	14
Obrázok 3.6	Prieskumník s dvoma stranami na prenos súborov	14
Obrázok 4.1	Vloženie ovládača do pamäte Simatic IoT2000 pomocou WinSCP [10]	15
Obrázok 4.2	Príkaz pwd [10]	15
Obrázok 4.3	Inštalácia ovládača [10]	16
Obrázok 4.4	Informácie o nainštalovanom ovládači [10]	16
Obrázok 4.5	Základná doska s rozhraniami [12]	17
Obrázok 4.6	Konfigurácia pinov pre Heatshield	19
Obrázok 5.1	Inštalácia podporných balíkov [14]	20
Obrázok 5.2	Výber IOT2000EDU [14]	20
Obrázok 7.1	Výpočet napätia	23
Obrázok 7.2	Tepelná charakteristika NTC rezistora [15]	24
Obrázok 7.3	Výpočet teploty v termistore	25
Obrázok 8.1	Volanie inštrukcie TCON	27
Obrázok 8.2	Volanie inštrukcie TUSEND	27
Obrázok 8.3	Volanie inštrukcie TURCV	28
Obrázok 8.4	Odosielanie dát	28
Obrázok 8.5	Prijímanie dát	28
Obrázok 9.1	Schéma na zber dát	30
Obrázok 9.2	Namerané dáta pri skokovej zmene vykurovacieho výkonu	30
Obrázok 9.3	System Identification Toolbox	31
Obrázok 9.4	Black Box identifikácia	32

Obrázok 10.1 HeatShield simulácia	34
Obrázok 10.2 Priebeh teploty	34
Obrázok 10.3 Výkon vykurovacieho bloku	34
Obrázok 10.4 Riadenie teploty pred identifikovaním procesu a výpočtom parametrov...	35
Obrázok 10.5 Proces po vyladení parametrov	35

Zoznam tabuliek

Tabuľka 4.1 Označenie pinov v konfiguračnom súbore io.conf	18
--	----

Zoznam použitých symbolov a skratiek

Symbol/skratka	Anglický výraz	Slovenský výraz
PLC	Programmable logic controller	Programovateľný logický automat
IoT	Internet of things	Internet vecí
I4.0	Fourth industrial revolution	Štvrtá priemyselná revolúcia
USB	Universal serial bus	Univerzálna sériová zbernica
COM	Communication port	Sériový port
PWM	Pulse width modulation	Pulzná šírková modulácia
IT	Information technology	Informačná technológia
V	Volt	Volt
Mosfet	Metal-oxide-semiconductor field-effect transistor	Tranzistor riadený poľom s hradlovou oxidovou vrstvou
NTC	Negative Temperature Coefficient	negatívny teplotný koeficient
IDE	Integrated Development Environment	Integrované vývojové prostredie
PCB	Printed circuit board	Doska plošných spojov
W	Watt	Watt
SSH	Secure shell protocol	Zabezpečený prístup k príkazovému interpretu
SCP	Secure copy protocol	Protokol bezpečnej kópie
IP	Internet protocol	Internetový protokol
SFTP	Secure File Transfer Protocol	Zabezpečený protokol prenosu súborov
UDP	User Datagram Protocol	Používateľský datagramový protokol
DNS	Domain name system	Systém názov domén
FTP	file transfer protocol	Protokol prenosu súborov

Úvod

Vďaka vývoju elektroniky a informatiky sa rozvíja aj odbor automatizácie, čo zapríčiňuje znižovanie výrobných nákladov a zároveň zvyšuje efektivitu práce. Má využitie takmer všade od ľahkých aplikácií až po súbor riešení vo výrobe. Automatizácia zužitkováva všestranné obvody, ktoré sa dajú prispôbiť naprogramovaním na konkrétnu funkciu daného problému. Jedná sa napr. o programovateľné logické automaty a mikrokontroléry. Hlavným dôvodom, prečo sú tieto zariadenia využívané, je ich jednoduchosť programovania a všestrannú využiteľnosť. Ďalší dôvod je ten, že ak sa čiastočne alebo úplne zmení výroba, tak náklady na zmeny sú oveľa menšie. To je z toho dôvodu, že sa nemusí zostaviť nové riadenie, ale stačí upraviť program, čo ušetri veľa financií. Taktiež to funguje aj pri rozšírení výroby. Ak sa využíva automatické riadenie, tak sa zvyšuje spoľahlivosť výroby, pretože sa eliminujú ľudské chyby.

Riadenie teploty je čoraz bežnejšou činnosťou života. Vďaka vyspelým technickým zariadeniam na riadenie teploty je na tak vysokej úrovni, že človek ani nemusí vedieť ako riadenie teploty funguje, pretože tieto zariadenia pracujú už automaticky. Takéto zariadenia majú obrovské využitie a to nie iba v domácnostiach ale aj v priemysle či doprave. Popri vývoji riadenia teploty sa vyvíjali aj teplotné snímače, vďaka čomu sa proces riadenia teploty môže zdokonaľovať. Najpohodlnejší a najčastejšie využívaný spôsob riadenia teploty je automatický. Samozrejme existujú rôzne metódy riadenia ako dosiahnuť výsledok.

Cieľom práce bolo porovnať rôzne spôsoby regulácií teploty použitím Simatic IoT2000. Pomocou HeatShieldu, ktorý slúži na demonštrovanie tepelného procesu som sa oboznámil s riadením výkonu vykurovacieho bloku 3D tlačiarne systému SIMATIC IOT2000. Teplota vykurovacieho bloku 3D tlačiarne bola ovládaná výkonom vykurovacieho bloku 3D tlačiarne. Realizoval som merania na zistenie správania sa tepelného procesu. Z nameraných dát som vytvoril matematický model pomocou identifikácie systému. Pomocou matematického modelu som na simulácii v Simulinku vyrátal a vyladil parametre PI regulátora. Prostredníctvom experimentu som overil správnosť vyrátaných a vyladených parametrom PI regulátora.

1 Komunikačné brány IoT

Štvrtá priemyselná revolúcia, známa pod označením I4.0 sa snaží automatizovať, digitalizovať a robotizovať výrobné priemyselné postupy pomocou moderných technológií. Najčastejšie spomínanou technológiou je priemyselný internet vecí. Hlavnou myšlienkou priemyselného internetu vecí je pripojenie veľkého množstva fyzických zariadení na podnikový internet za účelom zberu a následné odoslanie dát do cloudu. Výhodou tohto je aktuálny prehľad dát z výroby [1].

Aj napriek rýchlemu postupu I4.0 sa v súčasnosti vo väčšine výrobných závodoch môžeme stretnúť s mixom rôznych zariadení, rôzne starých a od rôznych výrobcov. Vedľa seba tak môžu byť zariadenia, ktoré nemajú žiadny zber dát. Na druhej strane môžu byť novšie zariadenia, ktoré už obsahujú nejakú formu komunikácie. A aj keď tieto zariadenia obsahujú nejakú takúto formu, aj tak jednotlivé technológie od rôznych výrobcov používajú rôzne komunikačné protokoly. Preto nemusia byť medzi sebou tieto zariadenia kompatibilné. Ak chceme zariadenia pripojiť do priemyselného internetu vecí, musíme použiť ďalšie zariadenie. Na pripojenie týchto zariadení slúžia zariadenia, ktoré sa nazývajú inteligentné brány do internetu vecí. Sú to zariadenia, ktoré väčšinou obsahujú mikročip s pamäťou, softvér, senzory a rozhranie na pripojenie k internetu. IoT brány slúžia na nepretržitý zber, spracovanie a prenos dát do cloudu. Vďaka tomu máme prístup k starým aj novým dátam z výrobného procesu. Taktiež IoT zariadenia obsahujú procesor, ktorý môžeme naprogramovať na vykonanie zložitého výpočtu nad zameranými dátami.

1.1 Simatic IoT brány

Simatic IoT sú brány do priemyselného internetu vecí od spoločnosti Siemens. Tým pádom, že tieto zariadenia obsahujú pomerne výkonný procesor môžu sa naprogramovať ako programovateľný logický automat (PLC). Brány Simatic IoT sú otvorené čo znamená, že podporujú početné komunikačné protokoly a jazyky vysokej úrovne. Vďaka inteligentnému spojeniu medzi výrobou a IT systémom, cloudom alebo otvorenou cloudovou platformou MindSphere a otvoreným IoT operačným systémom od spoločnosti Siemens, brány Simatic IoT umožňujú zavádzať rôzne aplikácie [2]. Spoločnosť Siemens vyrába IoT brány v niekoľkých prevedeniach a to Simatic IoT2000 [3] a Simatic IoT2050 [4].

1.2 SIMATIC IoT2000

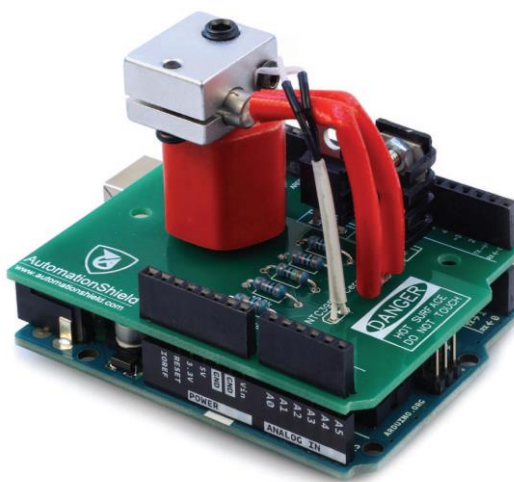
Je hardvérové zariadenie, ktoré svojimi vlastnosťami spadá do I4.0. IoT2000 obsahuje mikropočítač, ktorý beží na procesore Intel X1000. Mikropočítač má operačný systém založený na systéme Yocto Linux. IoT2000 má kompatibilný interfejs s Arduino UNO. Tým pádom je možné pripojiť akýkoľvek štít Arduino. Simatic IoT2000 je k dispozícii v dvoch rôznych verziách, ktoré sa líšia rozhraním a to IoT2020 a IoT2040. IoT2020 má iba jedno ethernetové a dve USB externé rozhrania, zatiaľ čo IoT2040 má dve ethernetové rozhrania a dva COM porty plus obsahuje batériu, ktorá slúži na udržiavanie hodín v reálnom čase .

IoT2000 získava dáta z rôznych zariadení alebo senzorov. Systém podporuje veľké množstvo protokolov. Všetky dáta sú zberané cez rozhrania COM, USB alebo ethernet. K IoT2000 je možné priame pripojenie senzorov. Simatic IoT2000 prekladá dáta do požadovaného protokolu a bezpečne ich prenesie do IT systému vyššej úrovne alebo cloudu. Prenos dát sa môže naprogramovať podľa potreby.

Predtým ako začneme zariadenie používať musíme ho pripojiť do elektrickej siete. Zariadenie musí byť pripojené na nízke jednosmerné napätie a to 9 až 36 V. Na to slúžia svorky na hornej časti zariadenia.

2 HeatShield

HeatShield je otvorené harvérové zariadenie, ktoré patrí do rodiny vzdelávacích zariadení riadiacej techniky pre Arduino [5]. Ide o štít na Arduino Uno. Tento štít demonštruje tepelnú reguláciu vyhrievacieho bloku 3D tlačiarne. Výber tohto štítu bol jednoznačný, keďže Simatic IOT2000 má hlavičku totožnú s Arduino Uno. Tým pádom nie sú potrebné žiadne zásahy do hardvéru. Ďalší dôvod výberu tohto štítu je podpora knižníc softvéromi Arduino IDE, Matlab a Simulink.



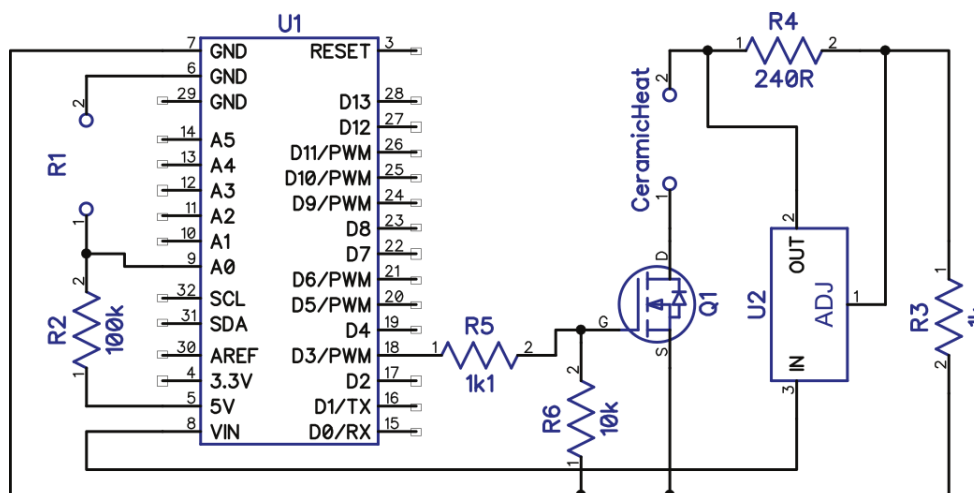
Obrázok 2.1 Hardvérové zariadenie Heashield [5]

2.1 Popis hardvéru

Zariadenie sa skladá z vykurovacieho telesa, ktoré plní úlohu akčného člena a snímača teploty, ktorý sa používa na generovanie spätnoväzbového signálu. Vykurovací blok 3D tlačiarne obsahuje keramickú výhrevnú vložku dimenzovanú na maximálne 24 V a 30 W. Teplotná spätná väzba je založená na princípe negatívneho teplotného koeficientu NTC odporu. Tento termistor je pripojený na analógovému pinu A0. Vykurovací blok je namontovaný na tepelnom izolátore aby nedošlo k poškodeniu PCB dosky. Namiesto extrúzneho dýzy, ktorá dodáva roztavené plastové vlákno je oceľová skrutka spájajúca vykurovací blok s tepelným izolátorom. [6]

V praxi 3D tlačiarne tavia plast s teplotou vyššou ako 200°C. Takáto vysoká teplota by roztavila PCB dosku. Aby bolo zariadenie bezpečné používať tak je maximálna teplota vykurovacieho bloku obmedzená na približne 80°C. To je dosiahnuté pomocou lineárneho regulátora napätia.

Poslednou dôležitou súčiastkou je N-kanálový tranzistor riadený poľom s hradlovou oxidovou vrstvou známy ako mosfet. Pomocou mosfetu sa ovládajú napájacie obvody. Je pripojený na digitálny pin D3, ktorý je schopný PWM (obrázok 2.2).



Q1- mosfet, R1- NTC odpor, R2 až R6- rezistory,
U1- mikropočítač, U2- nastaviteľný regulátor napätia,
CeramicHeat- vykurovacia keramická vložka

Obrázok 2.2 Elektrická schéma modulu HeatShield [5]

2.2 Zapojenie HeatShieldu do SIMATIC IOT2000

Pripojenie Arduino shieldu do SIMATIC IOT2000 je bezproblémové vďaka kompatibilnej hlavičke. Lenže Arduino shieldy často potrebujú väčšie napätie ako 3 až 5 V, ktoré mu dajú piny na hlavičke. Kvôli tomu má SIMATIC IOT2000 na materskej doske rozhranie X82 a X18. Rozhranie X18 je pripojené na piny 1 až 2, na ktoré dokáže priviesť externé napätie 5V a ku pinom 2 až 3, ktorým externe dodá 3,3 V. Rozhranie X82 je pripojené na pin VIN. Na tento pin privedie externé jednosmerné napätie, ktoré dokáže nadobudnúť hodnotu od 9V až 36V (obrázok 2.3). V našom prípade potrebujeme externé napätie 12 V kvôli regulátoru napätia.



Obrázok 2.3 Materská doska IoT2040 [7]

3 Operačný systém

Operačný systém je skupina programov, ktorá vykonáva všetky základné úlohy počítača. Taktiež vykonáva komunikáciu medzi užívateľom a počítačom. Vytvára nenahraditeľné rozhranie pri komunikácii medzi softvérom a hardvérom. Hlavným cieľom operačného systému je ľahké sprístupnenie ku programom a účinne využívanie hardvéru. Operačné systémy sa nachádzajú takmer vo všetkom čo má integrovaný obvod, od počítača, kamery, mobilných telefónov, routerov až po šijacie stroje či hodinky. Bez operačného systému sa nedá zariadenie používať, pretože všetky užívateľské príkazy najprv spracováva operačný systém. Operačný systém je vlastne kód, ktorý sa nahrá z disku (pamäte) pri zapnutí alebo reštartovaní zariadenia. [8]

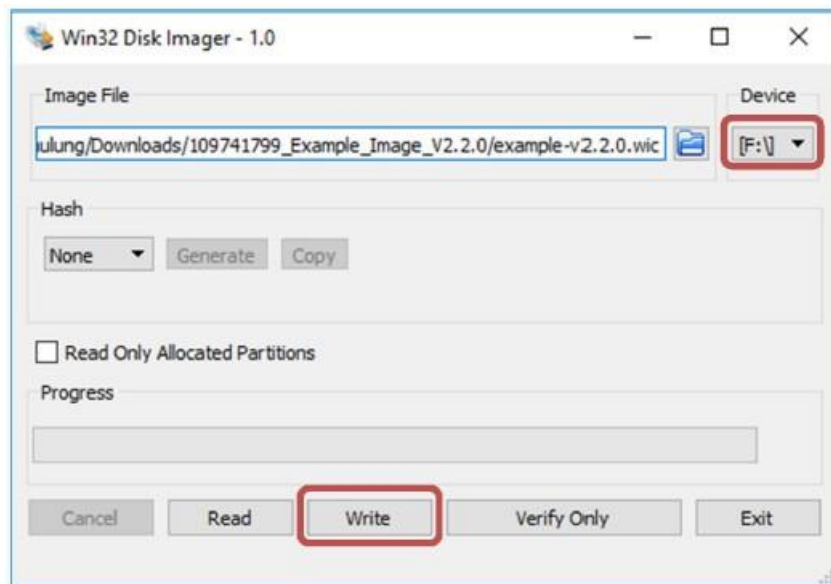
V našom prípade sa operačný systém, ktorý sa nachádza v inteligentnej bráne Simatic IOT2000 volá Yocto. Tento operačný systém je voľno stiahnuteľný na stránke siemens podpory. Ide o otvorený projekt firmy Linux. Tento operačný systém bol vytvorený pre zariadenia využívajúce IoT.

Inštalácia operačného systému Yocto Linux na zariadenia Simatic IoT2000 sa robí v nasledujúcich krokoch:

- Zápis na MicroSD kartu
- SSH spojenie
- SCP spojenie

3.1 Zápis operačného systému Yocto Linux na MicroSD kartu

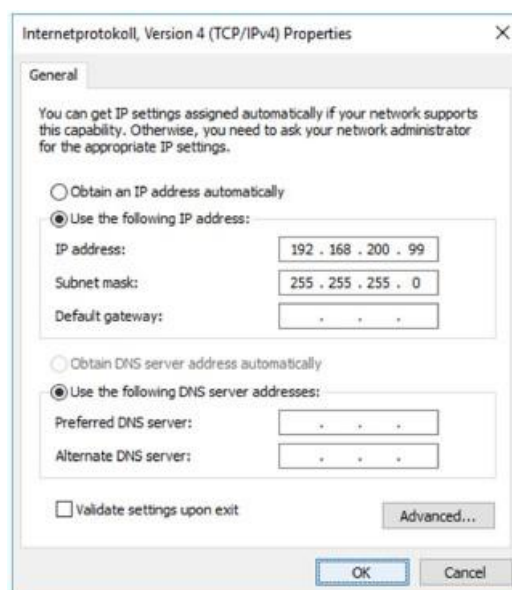
Operačný systém po stiahnutí zo stránky podpory Siemens je potrebné odbaliť a zapísať na MicroSD kartu [9]. Ku nahraniu operačného systému na kartu slúži program Win32 Disk Imager - obrázok 3.1. Pretože operačný systém je vo forme vzorového obrázka systému. Zápis tohto súboru je pomocou Win32 Disk Imager jednoduchý. Stačí len vybrať súbor, ktorý chceme zapísať na kartu a následne kliknúť na tlačidlo Write.



Obrázok 3.1 Zápis vzorového obrázku pomocou programu Win32 Disk Imager [10]

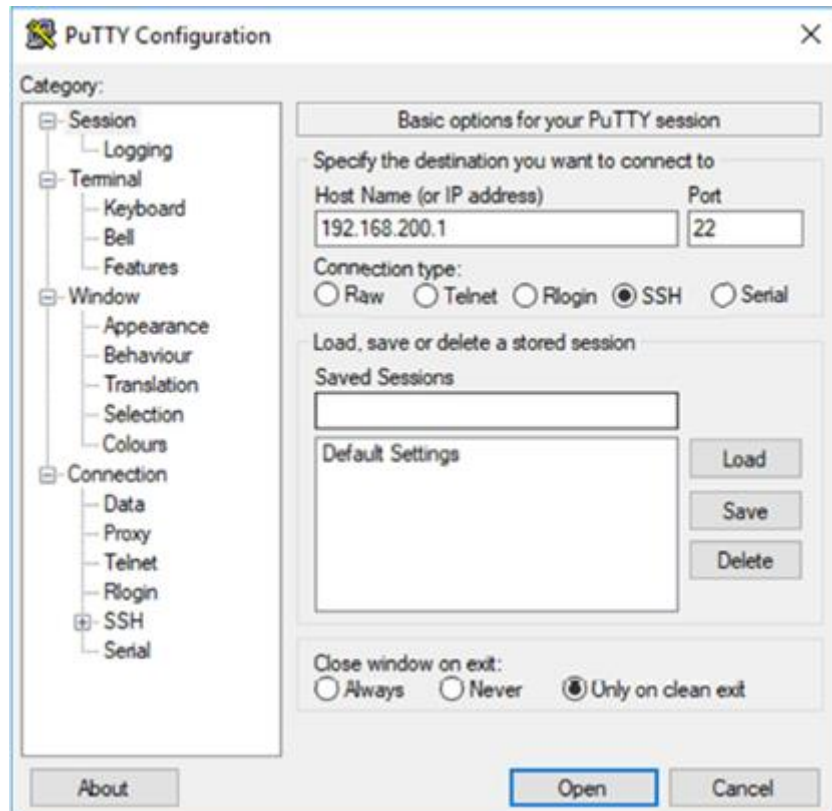
3.2 Konfigurácia operačného systému

Po úspešnom nahratí operačného systému na kartu je potrebné vložiť kartu do Simatic IoT2000 a ďalšími nakonfigurovať operačný systém. Aby sme vedeli bezpečne komunikovať so Simatic IoT2000 je potrebné vytvoriť pripojenie SSH. No skôr ako vytvoríme spojenie je potrebné aby počítač mal IP adresu v podsieti Simatic IoT2000, ktorá je prednastavená na IP adresu 192.168.200.1 s maskou 255.255.255.0. Preto je nutné prepísať IP adresu počítača ručne na adresu 192.168.200.99 s maskou 255.255.255.0.

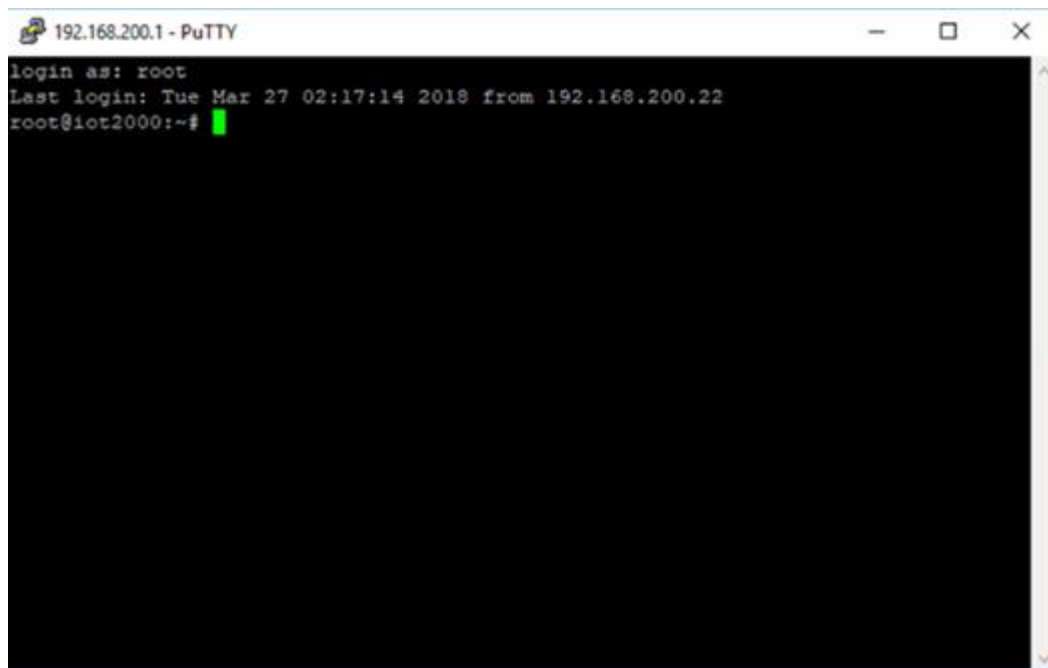


Obrázok 3.2 Zmena IP adresy na počítači [10]

Následne môžeme vytvoriť spojenie SSH. Na čo nám posлúži program PuTTY - obrázok 3.3. Pre pripojenie ku Simatic IoT2000 je potrebné zadať IP adresu 192.168.200.1. Táto IP adresa je preddefinovaná. Potom môžeme vytvoriť spojenia SSH. Ak sa spojenie vytvára prvýkrát je potrebné sa prihlásiť - obrázok 3.4. Toto prihlásenie sa uloží do medzipamäte a na ďalšie spojenie nie je potrebné sa znova prihlasovať. To je z toho dôvodu aby sa nemohol pripojiť na spojenie nikto iný. Prihlasovacie meno je root.



Obrázok 3.3 Vytvorenie SSH spojenia pomocou PuTTY [10]

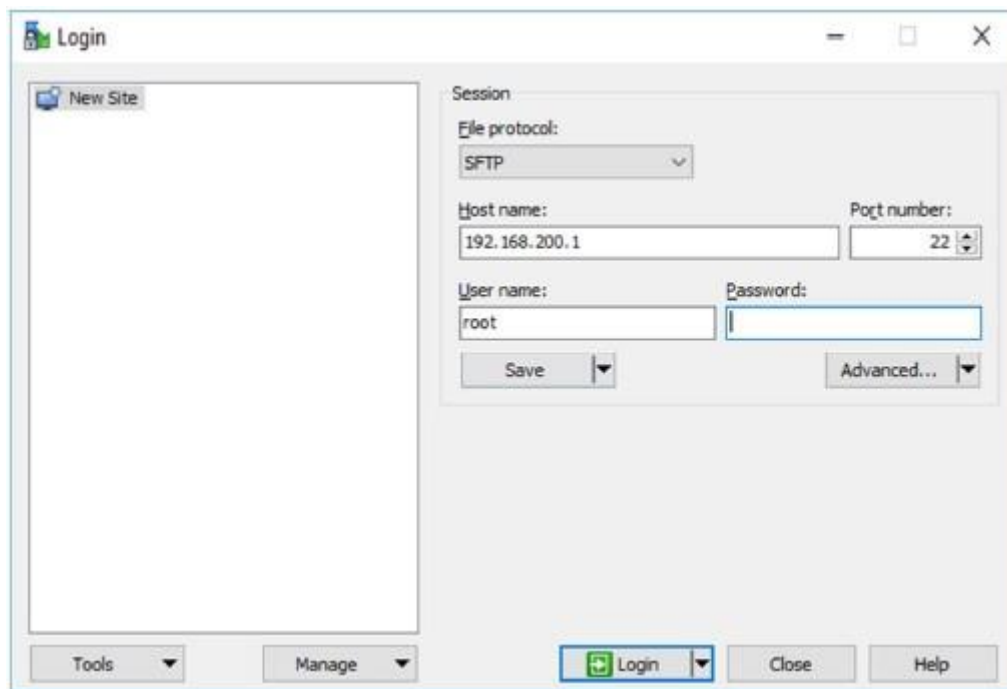


Obrázok 3.4 Prihlásenie sa do spojenia [10]

3.2.1 Protokoly SCP a SFTP na prenos súborov

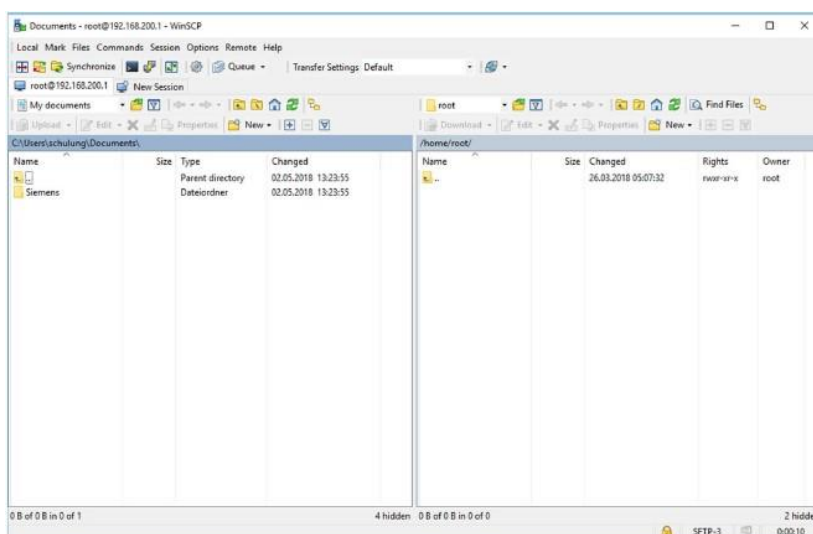
Na bezpečný prenos súborov medzi počítačmi, ktoré sú pripojené k počítačovej sieti sa používajú protokoly SCP a SFTP. Jedná sa o protokoly, ktoré využívajú na prenos súborov spojenie SSH. Programy ako napríklad WinSCP umožňujú kopírovanie, prenášanie alebo prijímanie súborov cez tieto sieťové protokoly.

WinSCP je veľmi jednoduchý a nenáročný program. Po vytvorení a nastavení SSH spojenia je možné tento program využiť na prenos súborov. V časti meno hosta zadáme IP adresu IoT2000, ktorá je 192.168.200.1. Následne v časti užívateľského mena zadáme root rovnako ako pri vytváraní SSH spojenia (obrázok 3.5).



Obrázok 3.5 Prihlásenie WinSCP [10]

Po úspešnom prihlásení sa otvorí prieskumník s dvoma stranami. Na ľavej strane je počítač a na pravej strane je IoT2000 s jeho priečkami.



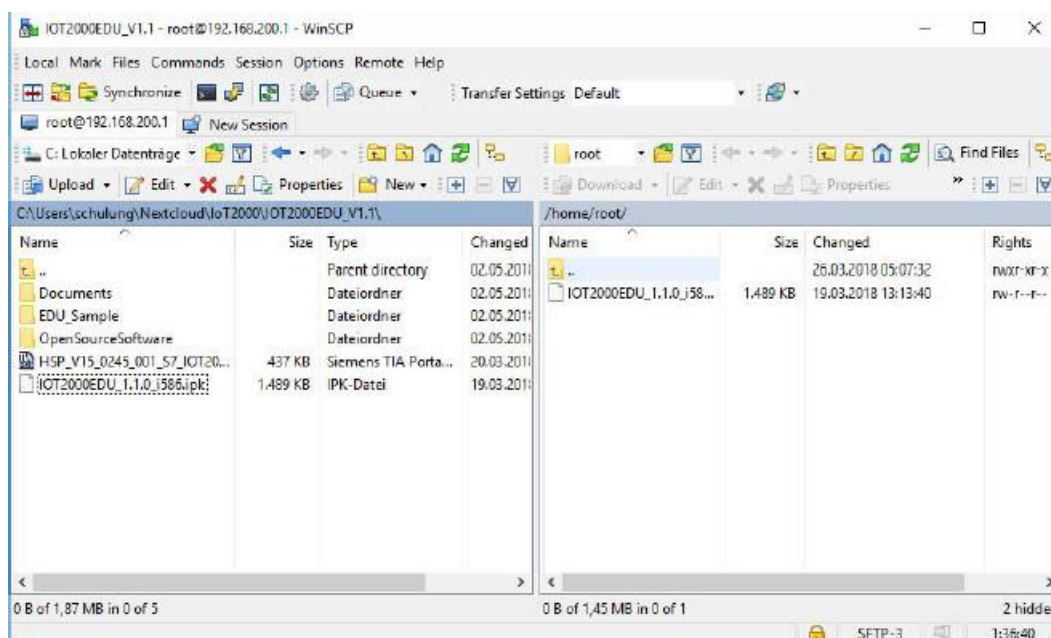
Obrázok 3.6 Prieskumník s dvoma stranami na prenos súborov

4 Simatic IoT2000EDU

Aby bolo možné nadviazať spojenie medzi Simatic IoT2000 a Tia Portálom je potrebné nainštalovať softvérové PLC Simatic IoT2000EDU [10]. Ide o softvérový ovládač pre Simatic IoT2000 vytvorený pre školy.

4.1 Inštalácia

Inštalácia softvérového ovládača SIMATIC IOT2000EDU sa robí cez programy WinSCP a Putty [10], [11], [12]. Najprv musíme vložiť ovládač do zariadenia SIMATIC IOT 2000 a to jednoduchým presunutím súboru z počítača pomocou programu WinSCP - obrázok 4.1.



Obrázok 4.1 Vloženie ovládača do pamäte Simatic IoT2000 pomocou WinSCP [10]

Po vložení ovládača je dobré si skontrolovať či vloženie súboru prebehlo a či je ovládač v zariadení. To sa robí pomocou SSH pripojenia v programe Putty. Pomocou príkazu `pwd` zistíme v akom adresári sme.



Obrázok 4.2 Príkaz pwd [10]

Ak sme v adresári, do ktorého sme ovládač nepresunuli, musí použiť príkaz `cd` a za ním napísať cestu do adresára. Po úspešnom nájdení správneho adresára sa pomocou príkazu `ls` zobrazí obsah adresára. Ak sme v správnom adresári mal by sa tam nachádzať ovládač `IoT2000EDU`, ktorý sme predtým presunuli z počítača pomocou `WinSCP`. Pokiaľ sa ovládač nachádza v adresári tak potom pomocou príkazu `opkg install` nainštalujeme ovládač do zariadenia `Simatic IoT2000`.

```
root@iot2000:~# opkg install IOT2000EDU_1.1.0_i586.ipk
Installing IOT2000EDU (1.1.0) on root.
Configuring IOT2000EDU.
root@iot2000:~#
```

Obrázok 4.3 Inštalácia ovládača [10]

Aby sme si boli istý či sa inštalácia podarila existuje na to príkaz `opkg info`. Po zadaní tohto príkazu sa vypíšu informácie o nainštalovanom ovládači. Vo vypísaných informácia vidíme, že ovládač `IoT2000EDU` je nainštalovaný v `Simatic IoT2000`.

```
192.168.200.1 - PuTTY
root@iot2000:~# opkg info IOT2000EDU
Package: IOT2000EDU
Version: 1.1.0
Depends: libstdc++6, mraa, nodejs
Provides: IOT2000EDU
Replaces: None
Conflicts: None
Status: install user installed
Architecture: i586
Installed-Time: 1522133171
root@iot2000:~#
```

Obrázok 4.4 Informácie o nainštalovanom ovládači [10]

4.1.1 Automatické spustenie

Ak chceme dosiahnuť aby sa ovládač `IoT2000EDU` automaticky spustil pri spustení systému je potrebný samostatný skript. Tento skript je možné stiahnuť z internetu a to na stránke Siemensu. Tento skript s názvom `iot2000edu` sa musí skopírovať do zariadenia `Simatic IoT2000` pomocou programu `WinSCP`. Prekopíruje sa do adresára s názvom `init.d`. Následne po prekopírovaní tohto skriptu nadviažeme SSH spojenie s `Simatic IoT2000` pomocou `PuTTY`. V programe `Putty` použijeme príkaz `chmod+x` a plus k tomuto príkazu pripíšeme cestu ku skriptu. Vďaka tomuto príkazu označíme tento skript za spustiteľný. Pre pridanie

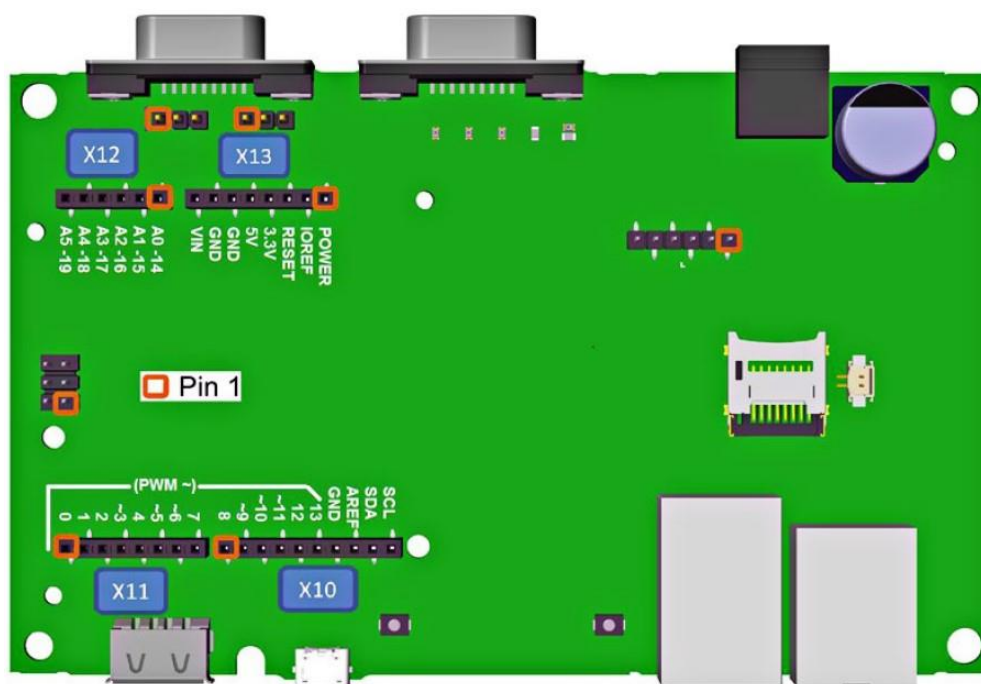
skriptu do automatického spustenia slúži príkaz `update-rc.cd`. Po tomto kroku sa softvérový ovládač spustí spoločne s operačným systémom inteligentnej brány Simatic IoT2000.

4.2 Konfigurácia pinov

Po inštalovaní IOT2000EDU sú vstupné a výstupné adresy pinov na doske IOT2000 prednastavené [12]. Súbor s týmito adresami sa volá `io.config.sample` a nachádza sa v knižnici `/usr/local/etc`. Pri prvom spustení IOT2000EDU sa v priečinku IOT2000EDU vytvorí súbor `io.config.sample`. Základná konfigurácia pinov je vytvorená pre Arduino UNO R3 štít. [13]

4.2.1 Konfigurácia pinov pre Arduino štít

Ak chceme použiť Heatshield na hardvéri SIMATIC IOT2020 alebo 2040 je potrebné nakonfigurovať piny. Prispôsobenie alebo nakonfigurovanie pinov sa robí cez súbor `io.config`. Základná doska harvérov SIMATIC IOT20x0 obsahuje rozhrania X10, X11, X12 a X13 (obrázok 4.5).



Oranžové štvorce označujú prvý pin na danom rozhraní

Obrázok 4.5 Základná doska s rozhraniami [12]

Tabuľka nižšie ukazuje čísla pinov v danom rozhraní v súbore `io.config`. Rozhrania X10, X11, X12 sa dajú nakonfigurovať v softvéri, ale rozhranie X13 sa nedá.

Tabuľka 4.1 Označenie pinov v konfiguračnom súbore io.conf

Interface	Pin	io.conf pin numbers		
		Digital	Analog	PWM
X11	1	0		
	2	1		
	3	2		
	4	3		3
	5	4		
	6	5		5
	7	6		6
	8	7		
X10	1	8		
	2	9		9
	3	10		10
	4	11		11
	5	12		
	6	13		
	7			
	8			
	9	18	4	
	10	19	5	
X12	1	14	0	
	2	15	1	
	3	16	2	
	4	17	3	
	5	18	4	
	6	19	5	

Konfiguračný súbor obsahuje nasledujúce sekcie:

- `_comments`: táto sekcia obsahuje všeobecné informácie, ako napríklad názov konfigurácie. Táto sekcia je dôležitejšia pre užívateľa ako pre chod konfigurácie.
- `Address_space`: v tejto sekcii sú zadefinované počiatočné adresy digitálnych a analógových vstupov a výstupov
- `Gpio`: určenie digitálnych pinov
- `Pwm`: definovanie pwm pinov spolu s ich periodou
- `Analog`: priradenie analógových pinov

4.2.2 Súbor io.conf

Pre HeatShield je potrebné konfiguračný súbor upraviť. Heatshield potrebuje len dva piny. Jeden pin je analógový vstup s rozlíšením 9 bitov a druhý je digitálny výstupný PWM pin. V prvom rade je potrebné si zadať tieto piny. Pre odčítavanie hodnoty, ktorá bude použitá na výpočet teploty je potrebný analógový pin A0 s veľkosťou 9 bitov. K analógovému pinu A0 je priradená adresa v PLC IW103. Pre ovládanie vykurovacej časti je použitý digitálny PWM pin 3 s periódou 1 sekunda podľa heatshieldu. Cez tento pin sa ovláda výkon vykurovacieho bloku. V PLC je adresa tohto pinu QB103. Upravený konfiguračný súbor uvádza obrázok 4.6.

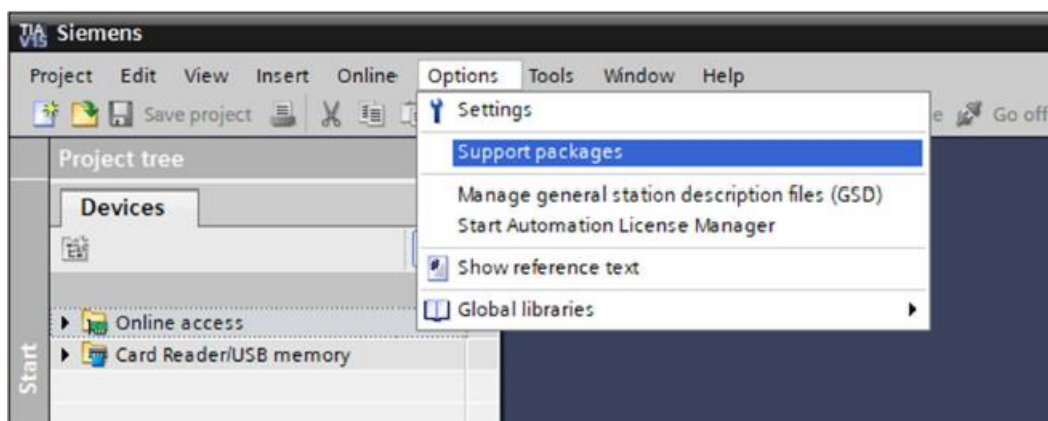
```
{
    "__comments": [{
        "name": "AutomationShield, HeatShield Module",
        "compatibility": "Arduino Uno R3",
        "supports": "IOT2020 & IOT2040 Devices",
        "pwm": "1 PWM Output : u(t)",
        "analog": "3 Analog Input : r(t),y(t), Resolution:9-bit",
        "address": "Look at the surface of HeatShield module and see port names."
    }],
    "address_space": [{
        "digital_in_start": 100,
        "digital_out_start": 100,
        "pwm_out_start": 103,
        "analog_in_start": 103,
    }],
    "pwm": [{
        "pin": 3, // Arduino pin
        "period_us": 1000000 // Period (microsecond)
    }],
    "analog": [{
        "pin": 0, // Arduino pin (A0)
        "pin_resolution": 9 // Resolution
    }]
}
```

Obrázok 4.6 Konfigurácia pinov pre Heatshield

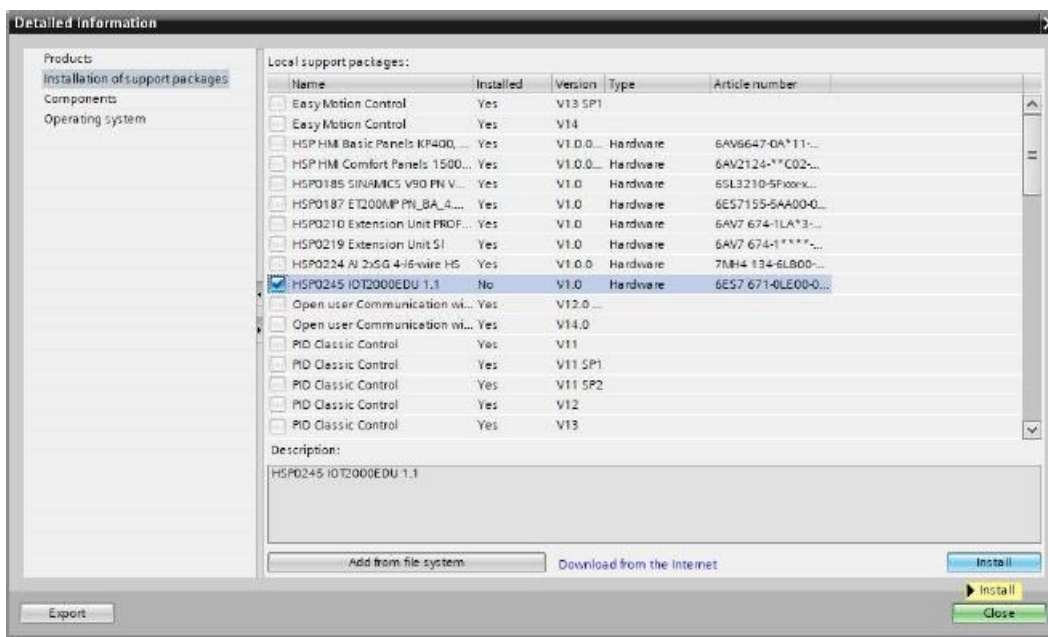
5 Konfigurácia Simatic IoT2000 v TIA Portal

5.1 Inštalácia podporného hardvérového balíka

Aby bolo možné Simatic IoT2000 a IoT2000EDU vytvoriť ako hardvér v prostredí Tia Portal je potrebné nainštalovať podporný hardvérový balík. To sa robí tak, že otvoríme program TIA Portal klikneme na Project View. Následne po otvorení projektu v hornej lište vyberieme okno s názvom Options kde vyberieme support packages - obrázok 5.1. V časti install support packages vyberieme náš potrebný balík (obrázok 5.2). Po nainštalovaní balíku môžeme TIA Portal zavrieť.



Obrázok 5.1 Inštalácia podporných balíkov [14]



Obrázok 5.2 Výber IOT2000EDU [14]

6 Spracovanie údajov v prostredí TIA Portal

6.1 Programové bloky

Celý program je vykonávaný cyklicky, zároveň čítanie vstupov a zapisovanie výstupov sa vykonáva pred a po spracovaní programu prostredníctvom obrazov procesu. Obrazy procesov sú miesta, ktoré sa nachádzajú v operačnej pamäti PLC. Sú to vlastne miesta kde sa zapisujú stavy vstupov a výstupov zo snímačov. Vďaka zapisovaniu týchto stavov sa zmeny hodnôt vstupných a výstupných stavov počas trvania cyklu nemenia.

Každý jeden program, ktorý vykonáva Simatic IoT2000 sa skladá z rôznych blokov. Tieto programové bloky rozdeľujeme do troch skupín:

- Organizačné bloky
- Funkcie a funkčné bloky
- Dátové bloky

6.1.1 Organizačné bloky

Organizačné bloky sú základnými kameňmi celej štruktúry programu. Tvorí rozhranie medzi užívateľským programom a operačným systémom PLC. Môžu sa tu nachádzať funkcie alebo funkčné bloky. Organizačné bloky volá len operačný systém na špecifické udalosti ako napríklad v určitý čas, pri spustení PLC a podobne.

Najzákladnejší organizačný blok má názov OB1. Ide o najdôležitejší organizačný blok, pretože obsahuje užívateľský program a taktiež všetky volania ostatných blokov. Tento blok je volaný cyklicky.

6.1.2 Funkčné bloky a funkcie

Najväčší rozdiel medzi funkčným blokom a funkciou je ten, že funkčný blok má priradený pamäťový priestor pre lokálne dáta bloku. Tento pamäťový priestor sa nachádza v inštančnom dátovom bloku. Funkčné bloky sa využívajú na také úlohy kde nie je možné implementovať funkciu.

Funkciu je možné volať aj viacej krát v rôznych častiach programu. Pre uloženie výsledku z funkcie je nutné vopred vytvoriť globálny dátový blok.

6.1.3 Dátové bloky

Slúžia ako pamäťový priestor pre ukladanie dát o stavoch procesov, signáloch, pomocných premenných. Existujú dva typy dátových blokov:

- Inštančné- sú pridružené ku konkrétnemu funkčnému bloku. Sú v ňom uložené parametre a dáta tohto funkčného bloku.
- Globálne- obsahujú parametre a informácie, ku ktorým má prístup každý jeden logický blok programu

6.2 Programovacie jazyky

V programe Tia Portal môžeme programovať v nasledujúcich jazykoch:

- Function blok diagram (FBD)
- Ladder logic (LAD)
- Statment list (STL)

Veľkou výhodou Tia Portal-u je, že všetky spomenuté programovacie jazyky môžeme pri písaní programu kombinovať.

7 Aplikačný program pre riadenie modulu HeatShield

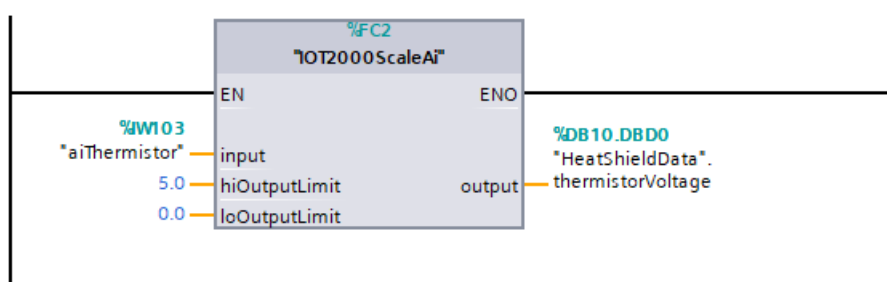
7.1 Výpočet napätia

Na analógovom pine A0 je vyvedený termistor. Z tohto pinu SIMATIC IOT odčíta hodnotu. Pomocou jednoduchého vzorca vypočítame napätie (rovnica 1).

$$V = s * \left(\frac{V_{max}}{1024} \right)$$

Rovnica 1 Výpočet napätia

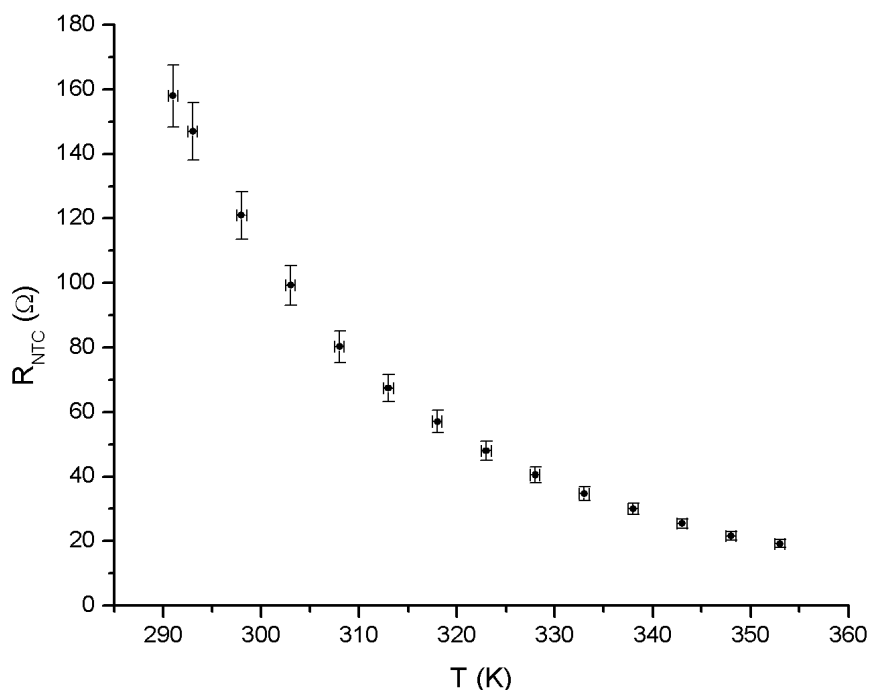
Kde s je hodnota odčítaná z termistora, V_{max} je maximálna hodnota napätia a 1024 je počet úrovní. Tento výpočet napätia je prevedený v portáli TIA v bloku funkcie Thermistor - obrázok 7.1.



Obrázok 7.1 Výpočet napätia

7.2 Výpočet teploty

V HeatShielde sa meria teplota pomocou termistora. Termistor má elektrický odpor závislý od teploty. To znamená, že s narastajúcou teplotou sa mení elektrický odpor termistora. Podľa typu rezistora rozlišujeme či pri stúpajúcej teplote sa elektrický odpor znižuje alebo zvyšuje. Pri našom zariadení bol použitý rezistor typu NTC. Tým pádom elektrický odpor pri zvyšovaní teploty klesá. Na grafe si môžeme všimnúť tepelnú charakteristiku NTC rezistora (obrázok 7.2).



Obrázok 7.2 Tepelná charakteristika NTC rezistora [15]

7.3 Steinhart-Hartov vzťah

Na výpočet teploty z elektrického odporu je daný Steinhart-Hartov vzťah. Steinhart-Hartova rovnica je aproximáciou teplotnej charakteristiky termistoru 3. rádu:

$$\frac{1}{T} = a + b * \ln \ln \left(\frac{R}{R_0} \right) + c * \ln^2 \left(\frac{R}{R_0} \right) + d * \ln^3 \left(\frac{R}{R_0} \right)$$

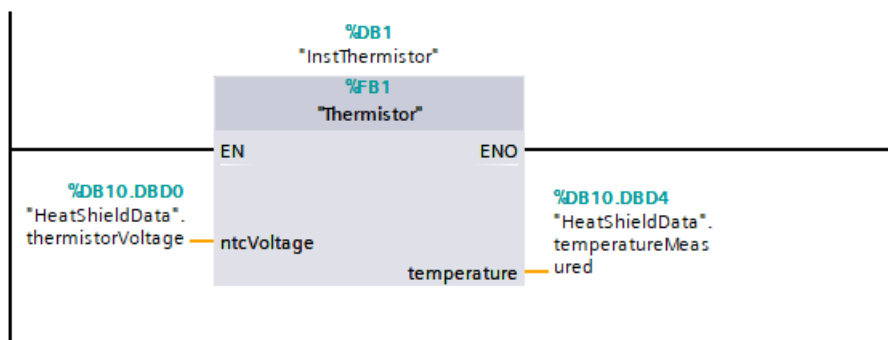
Rovnica 2 Steinhart-Hartová rovnica

kde T je teplota v kelvinoch, R je referenčný odpor (pri 25°C), a , b , c , d sú Steinhart-Hartove parametre- konštanty a R je aktuálna hodnota odporu. V našom prípade sa zanedbá $c * \ln^2 \left(\frac{R}{R_0} \right)$ a taktiež $d * \ln^3 \left(\frac{R}{R_0} \right)$, pretože majú najmenší význam. Tím sa vzťah zjednoduší a používa sa v nasledujúcej podobe pre beta faktor.

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} * \ln \left(\frac{R}{R_0} \right)$$

Rovnica 2 Upravená Steinhart-Hartová rovnica

Výpočet podľa tohto vzorca je vytvorený vo funkčnom bloku s názvom Thermistor (obrázok 7.3). V tomto bloku je poskladaný z jednoduchých matematických operácií.



Obrázok 7.3 Výpočet teploty v termistore

8 Komunikácia s prostredím Matlab/Simulink

Na to aby sa mohol tepelný proces zidentifikovať v programe Matlab Simulink je potrebné prepojiť PLC s týmto programom.

8.1 Používateľský datagramový protokol UDP

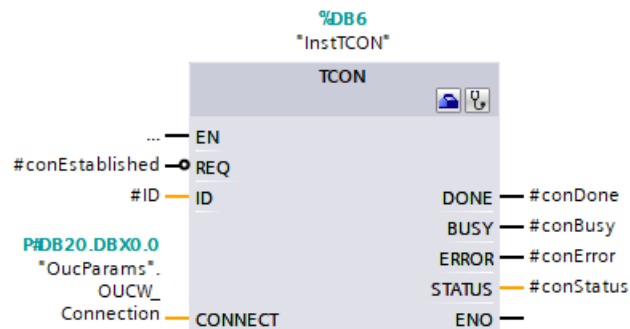
UDP je komunikačný protokol, ktorý sa primárne používa na nadviazanie spojení s aplikáciami na internete s nízkou latenciou a stratou. Urýchľuje prenos tým, že umožňuje prenos údajov skôr, ako je prijímajúca strana dohodnutá. Výsledkom je, že UDP je výhodný v časovo citlivej komunikácii, vrátane hlasového prenosu cez internetový protokol (VoIP), vyhľadávania názvov domén (DNS) a prehrávania videa alebo zvuku. UDP poskytuje čísla portov, ktoré pomáhajú rozlíšiť rôzne požiadavky používateľov, a voliteľne aj schopnosť kontrolného súčtu overiť, či dáta prišli neporušené. [7], [12]

8.2 Vytvorenie komunikačného spojenia pomocou UDP

Obaja komunikační partneri zavolajú inštrukciu TCON (obrázok 8.1), aby nakonfigurovali svoj komunikačný port. Spojenie sa nakonfiguruje medzi programom Matlab Simulink a komunikačnou vrstvou PLC. Komunikačný port sa používa na odosielanie a prijímanie rámcov správ. Obaja komunikační partneri musia mať rovnaký komunikačný port.

8.2.1 Popis inštrukcie TCON

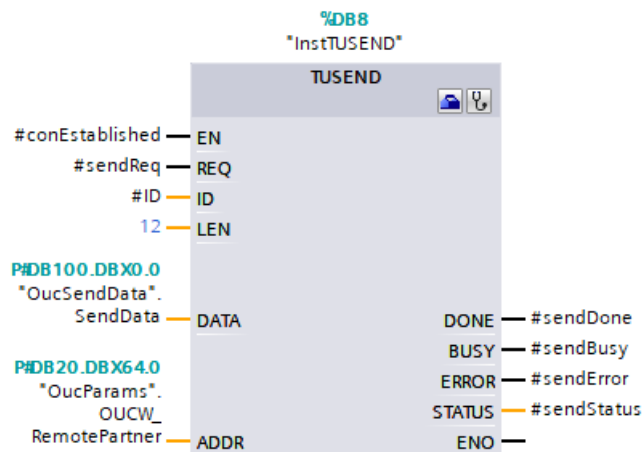
Vytvorenie a nadviazanie spojenia sa spustí volaním REQ=1. Stav spojenia je identifikovaný s parametrami DONE, BUSY, ERROR. Ak vytvorené spojenie vypíše ERROR=1, tak potom parameter STATUS poskytne podrobné informácie o type chyby. V prípade, že spojenie vypisuje BUSY=1 spojenie ešte nie je dokončené. Keď je spojenie dokončené a nemá žiadne chyby parameter DONE=1. Aby sa vedelo kam majú dáta smerovať je potrebné zadať IP adresu prijímateľa. Na to slúži parameter ID. V parametri connect je priradená dátová štruktúra, ktorá obsahuje všetky potrebné parametre na konfiguráciu spojenia.



Obrázok 8.1 Volanie inštrukcie TCON

8.3 Posielanie dát cez ethernet (UDP)

Posielanie dát je riešené cez inštrukciu TUSEND (obrázok 8.2). Inštrukcia pošle dáta vzdialenému partnerovi pomocou UDP. Tak isto ako aj pri inštrukcii TCON sa posielanie dáta začne volaním TUSEND s REQ=1. V prípade parametrov BUSY, DONE, ERROR a STATUS spĺňajú tú istú funkciu ako aj pri inštrukcii TCON. Parameter LEN slúži na odoslanie počtu bajtov. Rozsah počtu bajtov je od 1 až po 1472. Na posielanie dát slúži parameter DATA. Tento parameter obsahuje namerané vstupné a výstupné údaje. V našom prípade teplotu a výkon vykurovacieho bloku. ADDR je parameter, ktorý obsahuje informácie o adrese prijímateľa.

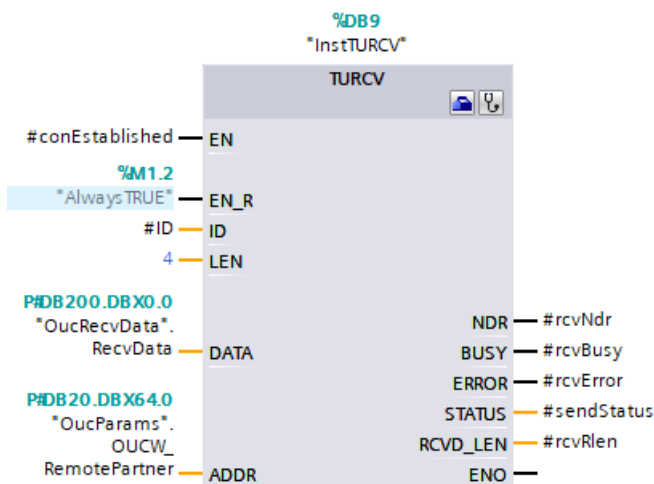


Obrázok 8.2 Volanie inštrukcie TUSEND

8.4 Prijímanie dát cez ethernet (UDP)

Inštrukcia TURCV prijíma dáta prostredníctvom UDP (obrázok 8.3). Po úspešnom prijatí dát sa v parametri ADDR zobrazí adresa odosielateľa. Prijímanie dát sa spustí volaním parametra EN_R= 1. V našom prípade je nastavený parameter EN_R na 1 pretože chceme

stále prijímať dáta. Parameter NDR hlási či je úloha už dokončená (NDR= 1) alebo či ešte stále beží (NDR= 0). RCVD_LEN udáva množstvo skutočne prijatých bajtov. Do parametra DATA sa uložia prijaté dáta.



Obrázok 8.3 Volanie inštrukcie TURCV

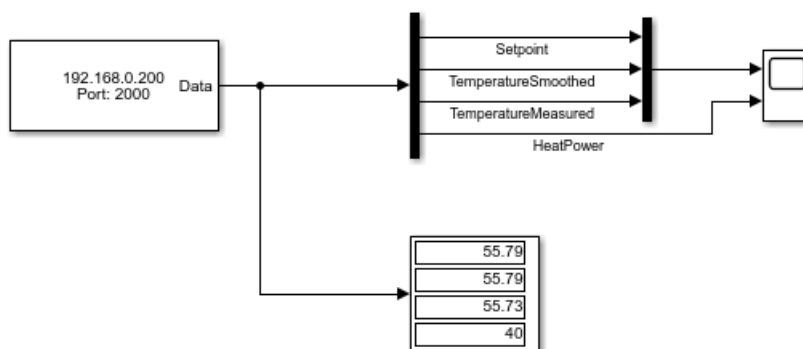
8.5 Komunikácia v programe SIMULINK

Na schéme môžeme vidieť odosielanie. Odosielanie dát je riešený pomocou bloku UDP Send. V tomto bloku je potrebné nastaviť adresu prijímateľa a port, cez ktorý komunikujú.



Obrázok 8.4 Odosielanie dát

Pri prijímaní dát sa používa rovnaký blok ako pri odosielaní len je určený na prijímanie dát. Ako aj pri odosielaní tak aj pri prijímaní dát treba nastaviť adresu a port odosielať (obrázok 8.4, obrázok 8.5).



Obrázok 8.5 Prijímanie dát

9 Identifikácia sústavy

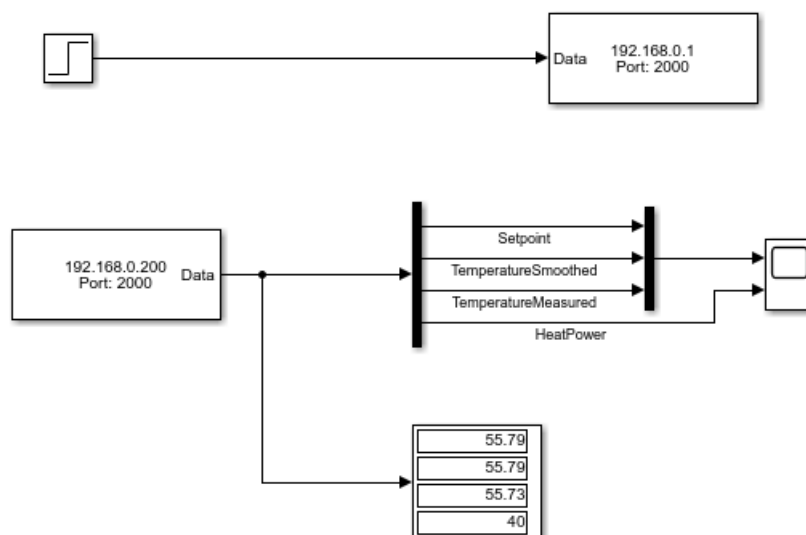
Základnými pojmami pri identifikácii systémov sú reálny objekt a jeho model. Pod pojmom reálny objekt budeme mať na mysli originál, reálne zariadenie, predmet objektívnej reality, na ktorom je možné vykonať určité pozorovania (merania) za účelom poznania relácií v ňom prebiehajúcich, prípadne na ktorom možno realizovať isté experimenty (nie je nevyhnutnou podmienkou). [6], [5], [16]

9.1 Experimentálna identifikácia (Black-box)

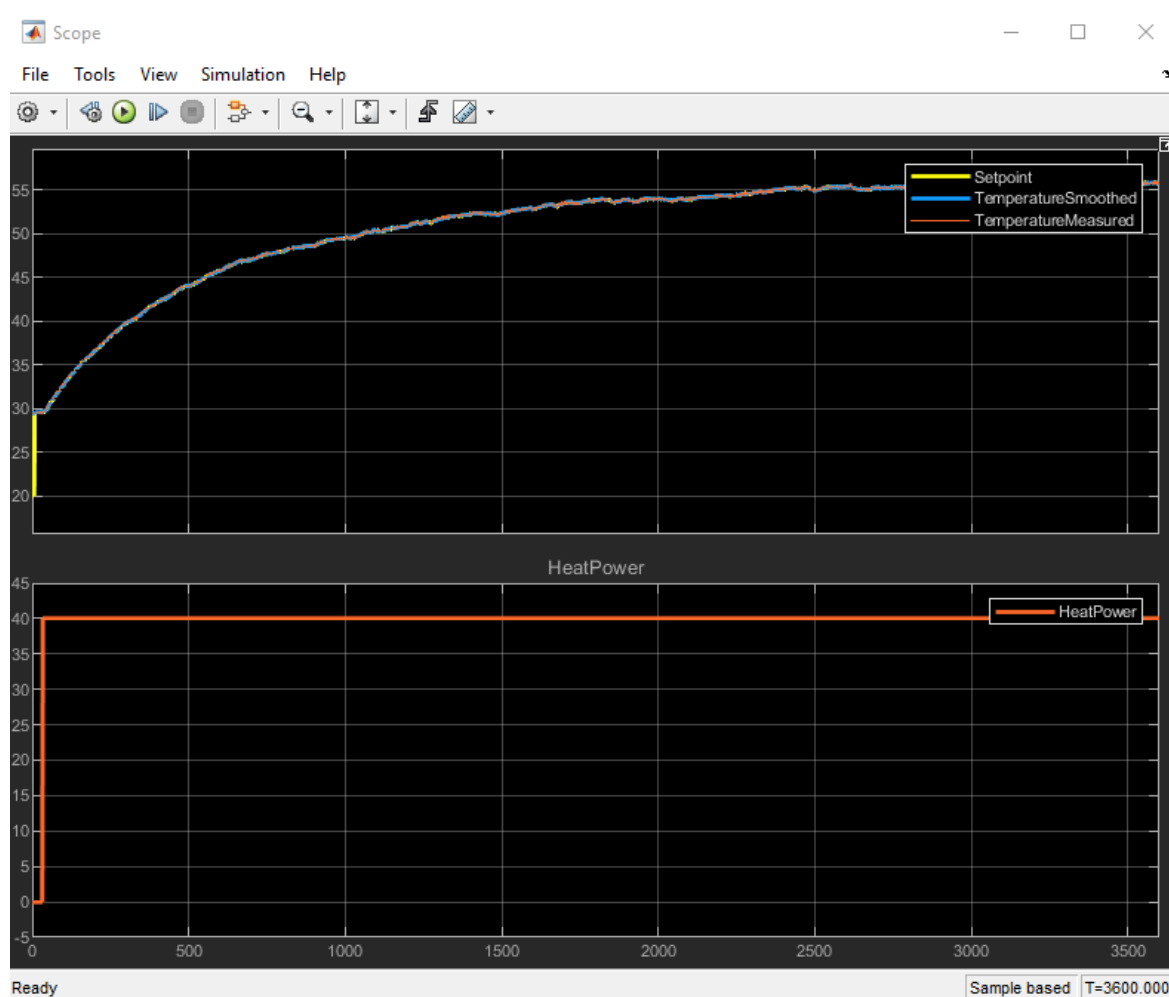
Štruktúra musí byť zvolená. Systém je popísaný iba pomocou vstup - výstup. Parametre modelu sú analytické premenné, ktoré neumožňujú väčšinou nájsť súvislosť s fyzikálnymi systémovými premennými. Platí to iba pre skúmaný proces a konkrétny prevádzkový stav, z čoho zase vyplýva relatívna presnosť. Model môže byť identifikovaný iba pre existujúci systém. Vnútorne procesy nemusia byť známe. Metódy sú nezávislé na jednotlivých systémoch, programové vybavenie môže byť použité pre identifikáciu rôznych systémov. Veľkou výhodou je menšia časová náročnosť. Nevýhodou sú náklady pre potrebné prístrojové vybavenie a experimentovanie. [17]

9.2 Zber údajov

Po prepojení PLC SIMATIC IOT2000 s Matlabom respektíve so Simulinkom, potrebujeme získať vstupno-výstupné údaje. A tie získame tak, že spustíme experiment v Simulinku (obrázok 9.1). V ktorom nastavíme výkon vykurovacieho bloku a sledujeme priebeh teploty. Po ukončení experimentu sa získané údaje zapíšu do Matlabu. Vstupným údajom je výkon vykurovacieho bloku v %. Výstupným údajom je dosiahnutá teplota (obrázok 9.2).



Obrázok 9.1 Schéma na zber dát



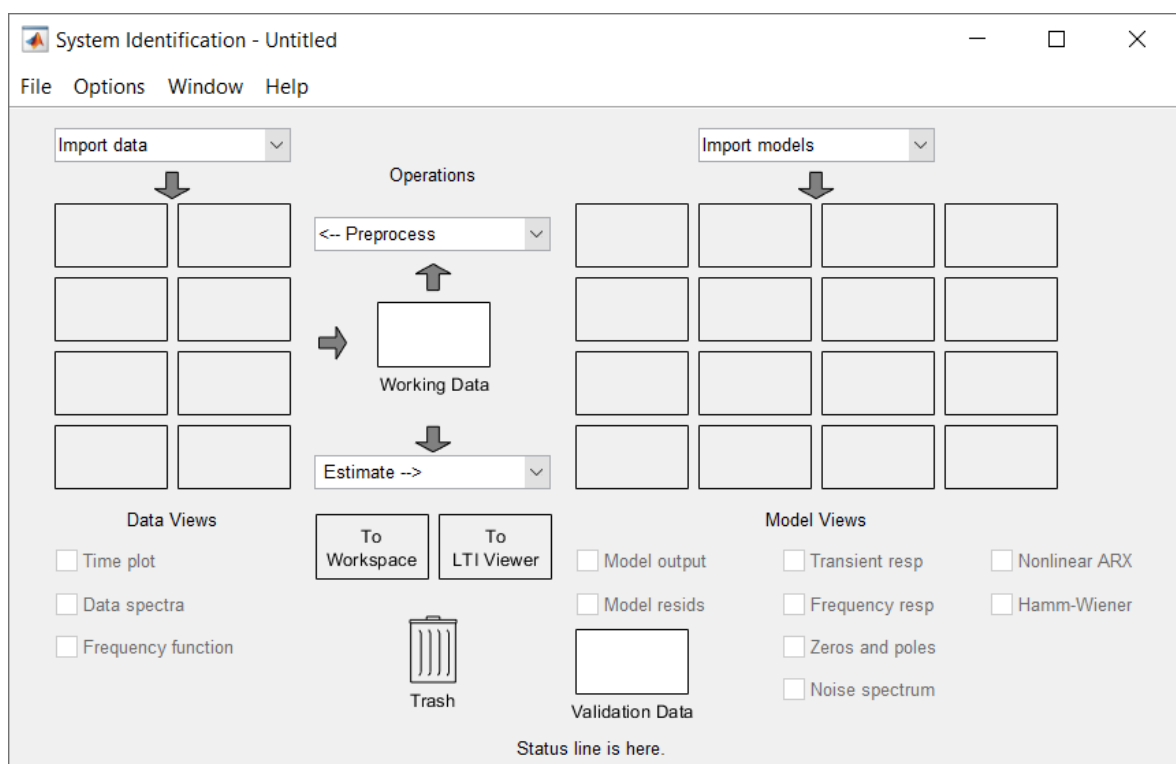
Obrázok 9.2 Namerané dáta pri skokovej zmene vykurovacieho výkonu

9.3 Úprava údajov

Po zhromaždení údajov je potrebné ich upraviť. Upraviť ich tak aby sme s nimi mohli spraviť identifikáciu systému. Túto úpravu sme spravili v Matlabe pomocou jednoduchých príkazov.

9.4 System Identification Toolbox

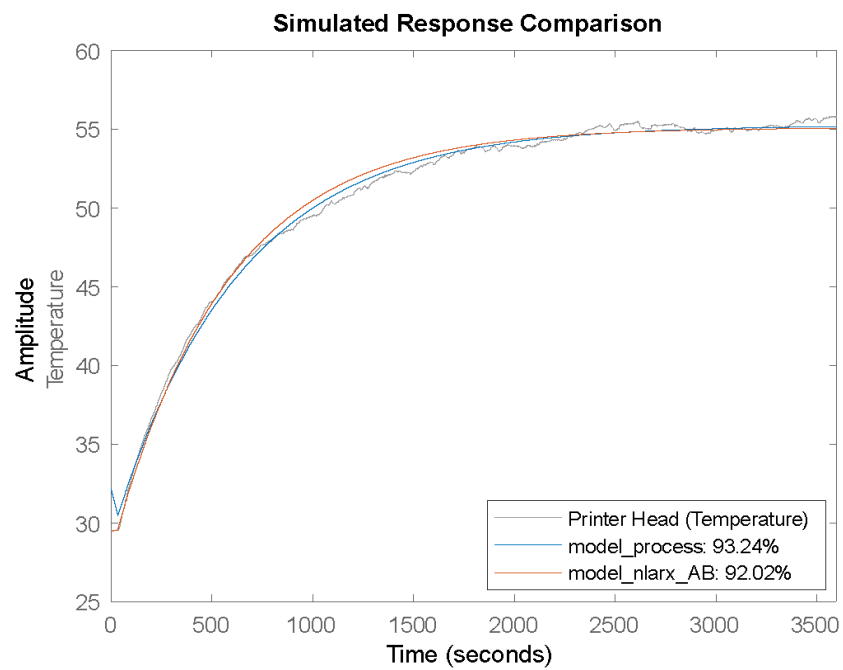
Na jednoduchšie a rýchlejšie určenie modelu systému sme použili nástroj na identifikáciu systému System Identification Toolbox, ktorý je dostupný v Matlabe. [18]



Obrázok 9.3 System Identification Toolbox

9.5 Výsledok identifikácie systému

Po vykonaní identifikácie systému black box sa vytvorí nedostačujúci procesný model (~93%) a platnejší nelineárny model ARX (~92%) (obrázok 9.4). Tento model je možné použiť na určenie parametrov v rozhraní Simulink. [6], [18], [17]



Obrázok 9.4 Black Box identifikácia

10 Určenie parametrov regulátora

Teoreticky existuje veľa spôsobov, ako navrhnuť regulátor tak aby uzavretý regulačný obvod mal požadované vlastnosti. Na realizáciu tejto úlohy je potrebné poznať matematický model objektu. [16]

10.1 Metódy určenia parametrov regulátora

Poznáme niekoľko metód ako určiť parametre regulátora. No najčastejšie metódy sú tieto tri:

- **Experimentálnou metódou**

Na konkrétnom regulačnom obvode sa uskutočňujú experimenty na, ktorých sa následne určujú parametre regulátora. Toto určovanie je veľmi zdĺhavé a často sa nepodarí regulátor nastaviť dostatočne správne

- **Analytickou metódou**

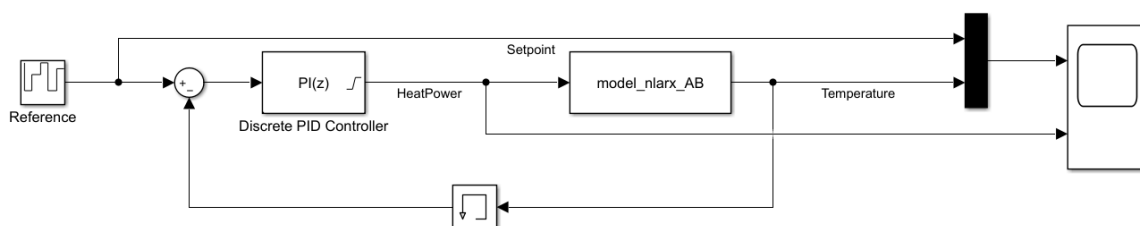
Pri tejto metóde sa spraví identifikácia systému vďaka čomu dostaneme matematicko-fyzikálny model na, ktorom sa následne určujú parametre. Kvalita určenia parametrov regulátora závisí od presnosti získaného matematicko-fyzikálneho modelu. Tento typ metódy môžete vidieť aj v tejto práci.

- **Inžinierska metóda**

Táto metóda určuje parametre regulátora na základe získaných údajov z reálneho objektu. Tieto získané údaje sú z priebehu prechodovej charakteristiky alebo môžu byť aj z kritických parametrov regulačného obvodu. Pri tejto metóde určíme parametre regulátora rýchlejšie ako pri spomenutých metódach. Ale bohužiaľ určené parametre pri tejto metóde nie sú matematicky dostatočne podložené a metódy vychádzajú na základe skúseností.

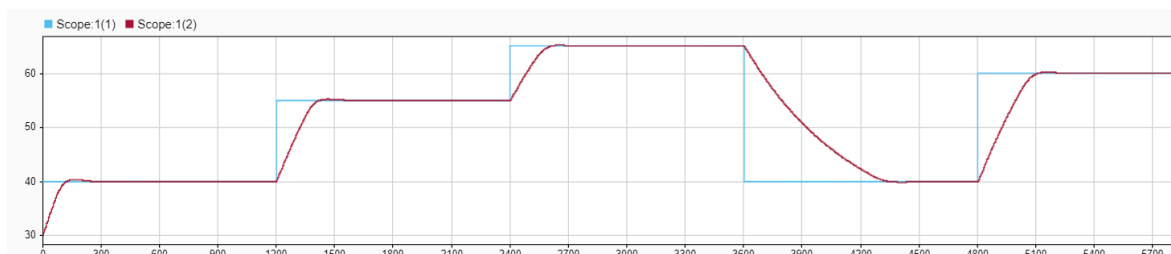
10.2 Určenie parametrov regulátora pomocou Matlab/Simulink

Určenie parametrov regulátora v Matlabe respektíve v Simulinku prebieha na základe simulácie. Na simuláciu sme použili už vytvorený model zariadenia s našim nelineárnym modelom ARX a regulátorom PI v systéme s jednoduchou spätnou väzbou (obrázok 10.1).

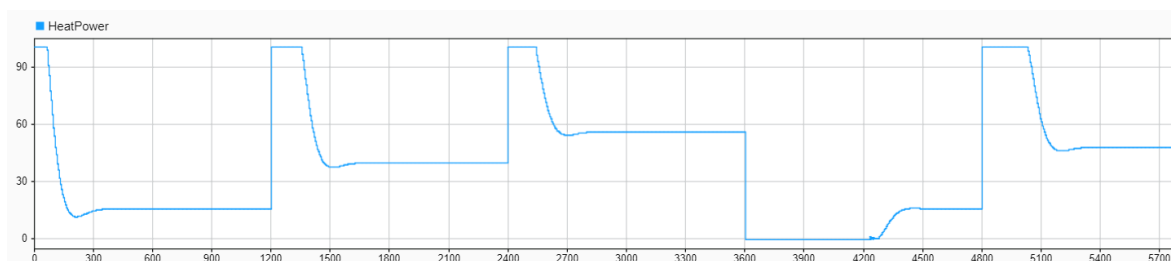


Obrázok 10.1 HeatShield simulácia

V programe Matlab / Simulink sme ladili parametre regulátora pomocou frekvenčnej charakteristiky. Po vykonaní simulácie sme pomocou Frequency Response Based PID Tuner vyladili parametre PI regulátora. Na prvom grafe vidno priebeh teploty (hnedá farba) a zadanú hodnotu teploty (modrá) - obrázok 10.2. Na druhom grafe je znázornený výkon vykurovacieho bloku (obrázok 10.3).



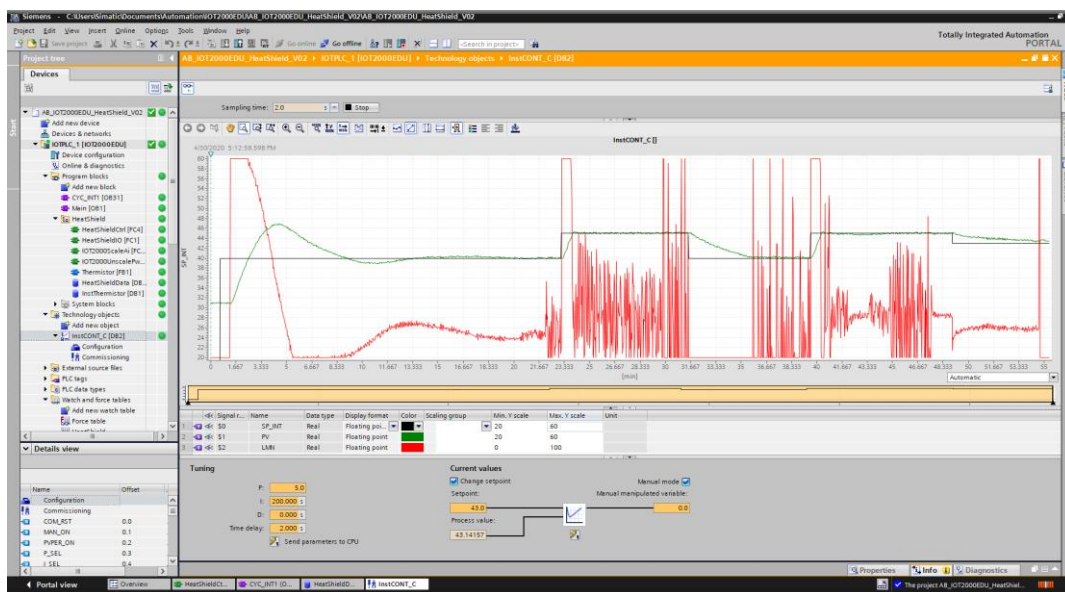
Obrázok 10.2 Priebeh teploty



Obrázok 10.3 Výkon vykurovacieho bloku

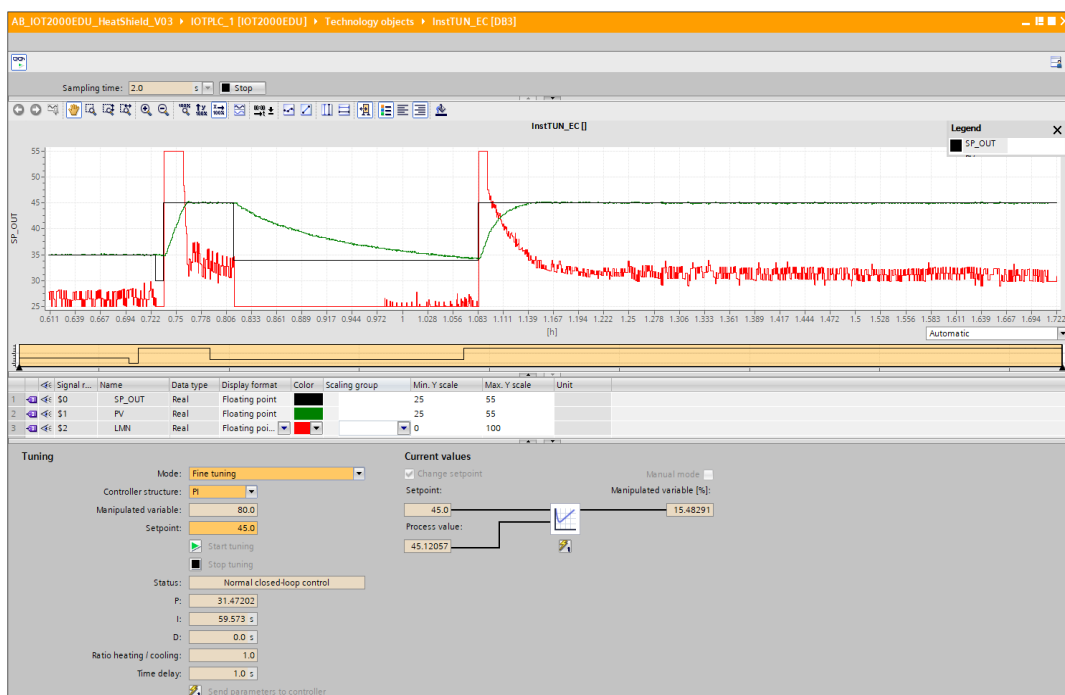
10.3 Určenie parametrov regulátora v prostredí Tia Portal

Na obrázku si môžeme všimnúť ovládanie procesu pred identifikovaním a nastavenia parametrov (obrázok 10.4). Je tam jasne vidieť, že sa nám teplotu podarilo pomerne ustáliť ale výkon vyhrievacieho bloku mal strašné výkyvy. Kvôli bezpečnosti nie je spôsob ovládania bezpečný. Preto je dôležité daný proces zidentifikovať a následne vyladiť parametre regulátora. [19], [20]



Obrázok 10.4 Riadenie teploty pred identifikovaním procesu a výpočtom parametrov

V TIA Portály je výpočet parametrov regulátora teploty riešený pomocou inštrukcie TUN_EC. Taktiež ako aj pri určovaní parametrov v rozhraní Matlab/ Simulink je potrebné najprv zidentifikovať proces. Tu si identifikáciu robí TUN_EC sám, jedine čo je potrebné nastaviť je požadovanú hodnotu minimálne väčšiu o 10°C ako momentálne je nameraná. Hneď, ako sa dokončí identifikácia sa parametre regulátora nastaví. Môžeme vidieť, že po zidentifikovaní procesu a vyladení parametrov regulátora pomocou TUN_EC je teplota ustálená a už nie sú také veľké výkyvy výkonu vykurovacieho bloku (obrázok 10.5).



Obrázok 10.5 Proces po vyladení parametrov

Záver

Cieľom mojej práce bola regulácia demonštračného pracoviska na riadenie tepelného procesu s použitím hardvérovej platformy SIMATIC IOT2000. Regulácia sa vykonávala pomocou PI regulátora. Parametre PI regulátora boli vypočítané rôznymi spôsobmi a v dvoch rôznych programoch. Na základe experimentu boli overené hodnoty parametrov. Najlepším spôsobom výpočtu parametrov bolo pomocou frekvenčnej charakteristiky v Simulinku. Pomocou tejto metódy vyšli lepšie výsledky. Je možné ešte lepšie vypočítanie parametrov. A to tým, že sa získame viacej skokových zmien.

Regulovaná schéma bola vytvorená v programe TIA Portal. Následne pre rôzne určenie parametrov bola regulačná schéma ovládaná z programu Matlab Simulink. Výsledné merania boli merané taktiež z tohto programu.

Zoznam použitej literatúry

- [1] ALEF Distribution SK, s. r. o., „Čo je IIoT? Všetko, čo potrebujete vedieť o priemyselnom internete vecí,“ 23 10 2019. [Online]. Available: https://www.atpjournals.sk/rubriky/exkluzivne-clanky/co-je-iiot-vsetko-co-potrebujete-vediet-o-priemyselnom-internete-veci.html?page_id=29396. [Cit. 18 03 2021].
- [2] Siemens AG, „SIMATIC IOT gateways,“ 14 03 2021. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/pc-based/iot-gateways.html>. [Cit. 14 03 2021].
- [3] Siemens AG, „SIMATIC IOT2000,“ 17 03 2021. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/pc-based/iot-gateways/iot2000.html>. [Cit. 17 03 2021].
- [4] Siemens AG, „SIMATIC IOT2050,“ 16 03 2021. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/pc-based/iot-gateways/simatic-iot2050.html>. [Cit. 16 03 2021].
- [5] G. Takács, M. Gulán, J. Bavlina, R. Koplínger, M. Kovács, E. Mikuláš, S. Zarghoon a R. Salini, „HeatShield: a Low-Cost Didactic Device for Control Education Simulating 3D Printer Heater Blocks,“ 04 2019. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/333492165_HeatShield_a_Low-Cost_Didactic_Device_for_Control_Education_Simulating_3D_Printer_Heater_Blocks. [Cit. 06 03 2021].
- [6] GitHub, Inc., „HeatShield,“ 18 02 2020. [Online]. Available: <https://github.com/gergelytakacs/AutomationShield/wiki/HeatShield>. [Cit. 03 06 2021].
- [7] Siemens AG, „Simatic IOT Simatic IOT2020, Simatic IOT2040 Operating Instructions,“ Siemens AG, Norimberg, 2016.
- [8] GNU Operating System, „CoreXY,“ 21 01 2020. [Online]. Available: <https://reprap.org/wiki/CoreXY>. [Cit. 02 13 2020].

- [9] Siemens AG, „Simatic IOT2000- Getting started,“ Siemens AG, Norimberg, 2019.
- [10] Siemens AG, „Siemens (SCE)- TIA Portal module 014-101- Basics of FC Programming with SIMATIC IOT2000EDU,“ Siemens AG, Norimberg, 2018.
- [11] Siemens AG, „Siemens Automation Cooperates with Education (SCE) TIA Portal module 034-100 Basics of FC Programming with SIMATIC IOT2000EDU,“ Siemens AG, Norimber, 2018.
- [12] Siemens AG, „Simatic - S7 Software Controller IOT2000EDU- Operating Manual,“ Siemens AG, Norimber, 2018.
- [13] Siemens AG, „IOT2000 Extension Modules,“ Siemens AG, Norinberg, 2018.
- [14] Siemens AG, „PNDriver V2.1 Quick Start Guide for IOT2040,“ Siemens AG, Norimberg, 2018.
- [15] Wikimedia Foundation c/o CT Corporation System, „Termistor,“ 3 12 2020. [Online]. Available: <https://sk.wikipedia.org/wiki/Termistor>.
- [16] The MathWorks, Inc., „Identify Plant from Data,“ [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/mpc/gs/system-identification-toolbox-models.html>. [Cit. 06 03 2021].
- [17] The MathWorks, Inc., „Identify Nonlinear Black-Box Models Using System Identification App,“ [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/ident/gs/identify-nonlinear-black-box-models-using-the-gui.html>. [Cit. 06 03 2021].
- [18] The MathWorks, Inc., „Identify Linear Models Using System Identification App,“ [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/ident/gs/identify-linear-models-using-the-gui.html#bqv54ev-2>. [Cit. 06 03 2021].
- [19] Siemens AG, „Simatic PID Self- Tuner V5,“ Siemens AG, Norimberg, 1999.
- [20] Siemens AG, „Simatic PID Self-Tuner,“ Siemens AG, Norimber, 1997.
- [21] Siemens AG, „SIMATIC IPC127E,“ 15 03 2021. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/pc-based/iot-gateways/simatic-ipc127e.html>. [Cit. 15 03 2021].

